



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 42 14 014.5
22 Anmeld tag: 29. 4. 92
43 Offenlegungstag: 19. 11. 92

DE 42 14 014 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

71 Anmelder:

Eta-Optik Gesellschaft für optische Meßtechnik
mbH, 5138 Heinsberg, DE

72 Erfinder:

Kubitzek, Rüdiger, 5100 Aachen, DE; Windeln,
Wilbert, 5138 Heinsberg, DE

Rechercheantrag gem. § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt

54 Anamorphotische Anordnung zur einachsigen Kompression von kollimiertem Laserlicht

57 Die Erfindung betrifft eine anamorphotische Anordnung, mit der sich das elliptische Strahlprofil des kollimierten Lichtes von Laserdioden einachsig komprimieren läßt. Die Anordnung besteht aus zwei einfachen Beugungsgittern, die einen Winkel miteinander einschließen. Durch die Beugung des Laserlichts an den beiden Gittern wird der Laserstrahl einachsig komprimiert. Die Gitterkonstanten der beiden Gitter sind so aufeinander abgestimmt, daß die Anordnung bei der mittleren Wellenlänge des benutzten Lasers achromatisch ist. Bei Verwendung von Laserdioden kann zusätzlich der Astigmatismus des Laserstrahls korrigiert werden, indem ein oder beide Gitter eine leichte Zylinderlinsenwirkung haben.

DE 42 14 014 A 1

Beschreibung

Optische Anordnung zur einachsigen Querschnittveränderung von im wesentlichen parallelem Laserlicht (anamorphotische Abbildung), dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl an 2 hintereinanderstehenden Beugungsgittern, die einen Winkel miteinander einschließen, gebeugt wird und die Anordnung in der Nähe der mittleren Wellenlänge des Laserstrahls achromatisch ist.

Beschreibung

Beim Kollimieren des Lichtes, das von Laserdioden emittiert wird, treten u. a. folgende Probleme auf.

- i) Die Divergenz des abgestrahlten Lichtes in Richtung senkrecht zum p/n-Übergang (s-Richtung) ist sehr viel größer (typisch $\pm 30^\circ$) als in Richtung parallel zum p/n-Übergang (p-Richtung; typisch $\pm 10^\circ$)
 - ii) In s-Richtung liegt der Quellpunkt des Strahls sehr nah an der Chipoberfläche (typisch $1 \mu\text{m}$ innerhalb des Chips).
- In p-Richtung hingegen liegt der Quellpunkt deutlich weiter innerhalb des Chips (typisch $10-40 \mu\text{m}$).

Die unterschiedliche Divergenz des Laserstrahls führt bei der Kollimierung mit rotationssymmetrischen Optiken zu einem elliptischen Strahlprofil. Die astigmatische Distanz bewirkt, daß der Strahl nur in einer Achse (s- oder p-Richtung) parallel gerichtet werden kann. In der anderen Richtung erhält man zwangsweise eine divergente oder konvergente Welle.

Die übliche Methode, diese Probleme zu lösen, bestehen in der Verwendung nicht-rotationssymmetrischer optischer Elemente (Zylinderlinsen, Prismen). Übliche Anordnungen beinhalten beispielsweise

- a) Zylinderlinsen (Kombinationen) zur Astigmatismuskorrektur,
- b) Zylinderlinsenkombination zur 1achsigen Kompression des Laserstrahls,
- c) Prismenanordnungen zur 1achsigen Kompression des Laserstrahls.

Bei allen Anordnungen sind mehrere zum Teil teure optische Komponenten erforderlich.

Im folgenden wird eine Anordnung beschrieben, bei der die genannten Probleme mit nur 2 preisgünstig herzustellenden holographischen optischen Elementen gelöst werden, die sich an eine übliche rotationssymmetrische Kollimatoroptik anschließen.

Die Strahlformung wird im einfachsten Fall (ohne Astigmatismuskorrektur) durch zwei einfache Beugungsgitter bewerkstelligt. Soll eine zusätzliche Astigmatismuskorrektur vorgenommen werden, so kann eines der beiden Gitter als holographische Zylinderlinse mit langer Brennweite ausgelegt werden. Im Gegensatz zu den bekannten Methoden, hat diese Anordnung den Vorteil, daß nur 2 Elemente verwendet werden, die preisgünstig mit hoher Präzision hergestellt werden können und die darüber hinaus in der Justage sehr unempfindlich sind.

Die Verwendung von beugenden Optiken für nicht monochromatisches Licht führt i. a. zu starken chromatischen Fehlern (Dipersion). Für die Lösung der oben beschriebenen Probleme wurde jedoch eine Anordnung gefunden, die durch Verwendung von 2 beugenden Ele-

menten, die unter einem bestimmten Winkel zueinander stehen, in einem begrenzten spektralen Bereich achromatisch ist.

Dieser gefundene achromatische Bereich überdeckt den üblichen Variationsbereich handelsüblicher Laserdioden.

Strahlkompression durch 2 Beugungsgitter

- In Abb. 1 ist der prinzipielle Strahlengang für den von einer Linse (2) kollimierten Strahl einer Laserdiode (1) angegeben. Der kollimierte Strahl fällt unter einem Winkel Φ_1 zur Flächennormalen auf das 1. Gitter (3) und tritt unter einem Beugungswinkel Φ_2 wieder aus dem 1. Gitter aus. Der Strahl hat dadurch eine einachsige Kompression um den Faktor $F_1 = (\cos \Phi_1) / (\cos \Phi_2)$ erfahren. Stehen die beiden Gitter in einem Winkel Θ zueinander, so fällt der einmal gebeugte Strahl unter dem Winkel $\Phi_3 = \Phi_2 - \Theta$ zur Flächennormalen des 2. Gitters auf das 2. Gitter. Er tritt unter dem Winkel Φ_4 aus dem 2. Gitter aus, wobei er eine weitere Kompression um den Faktor $F_2 = (\cos \Phi_3) / (\cos \Phi_4)$ erfährt. Die Kompression beträgt dann insgesamt $K = F_1 \cdot F_2$. Durch Rotation des Lasers um seine optische Achse kann die Kompression zwischen den beiden Extremen

$$K = F_1 \cdot F_2 \text{ und } 1/K = 1/(F_1 \cdot F_2)$$

kontinuierlich eingestellt werden. Im allgemeinen ist eine solche Anordnung jedoch nicht achromatisch, d.h. bei einer Wellenlängenänderung des Lasers ändert sich der Winkel Φ_4 des aus der Anordnung austretenden Strahls. In der Praxis würde dies bedeuten, daß der Strahl nicht richtungsstabil ist. Es wurde jedoch eine Bedingung gefunden, unter der in einem begrenzten Spektralbereich nahezu keine Richtungsänderung auftritt.

Diese Bedingung lautet:

$$\frac{\lambda}{g_1} = \frac{\lambda}{g_2} \frac{\left[\cos \Theta + \left(\sin \Phi_1 + \frac{\lambda}{g_1} \right) \cdot \sin \Theta \right]}{\left(1 - \left(\sin \Phi_1 + \frac{\lambda}{g_1} \right)^2 \right)^{1/2}}$$

- λ = mittlere Wellenlänge des Lasers
- g_1 = Gitterkonstante des 1. Gitters
- g_2 = Gitterkonstante des 2. Gitters
- Θ = Winkel zwischen den beiden Gittern
- Φ_1 = Winkel des kollimierten Laserstrahls mit der Flächennormalen des 1. Gitters.

Beispiel 1

Das 1. Gitter hat eine Gitterkonstante von $g_1 \approx 1,09 \mu\text{m}$. Das 2. Gitter hat eine Gitterkonstante von $g_2 \approx 0,86 \mu\text{m}$. Die mittlere Wellenlänge des Lasers ist $\lambda = 670 \text{ nm}$. Die beiden Gitter schließen einen Winkel von $\Theta = 45^\circ$ miteinander ein. Der kollimierte Laserstrahl fällt unter dem Winkel $\Phi_1 = 0^\circ$ auf das 1. Gitter und tritt unter dem Winkel $\Phi_2 \approx 38^\circ$ wieder aus. Er fällt dann unter dem Winkel $\Phi_3 \approx 7^\circ$ auf das 2. Gitter und tritt dann unter dem Winkel $\Phi_4 \approx 63,81^\circ$ wieder aus. Die Netto-Ablenkung des Strahls aus seiner ursprünglichen Richtung beträgt ca. $\alpha \approx 18,81^\circ$.

Der Strahl wird in dieser Anordnung um den Faktor $K \approx 2,85$ komprimiert. Bei Wellenlängenänderungen $\lambda \pm \Delta\lambda = 670 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ ergeben sich Richtungsänderungen von $\Delta\alpha \approx \pm 0,004^\circ$, bei Wellenlängenänderungen

gen $\lambda \pm \Delta\lambda = 670 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$ s gar nur von $\Delta\alpha \approx \pm 0,001^\circ$.

Die genannte Bedingung ist relativ unkritisch gegenüber kleinen Änderungen der Gitterperiode (Astigmatismuskorrektur). Diese Toleranz ermöglicht die gleichzeitige Kompensation des Astigmatismus des Lasers, indem eines oder beide Gitter eine schwache Zylinderlinsenwirkung haben. Die Wellenlängenabhängigkeit der Brennweite der holographischen Zylinderlinse ist in guter Näherung gegeben durch: $F_1/F_2 = \lambda_2/\lambda_1$.

Beispiel 2

Ein Kollimator von 4 mm Brennweite erzeugt bei einer astigmatischen Distanz des Lasers von 20 mm in der nicht-parallelen Achse einen Fokus im Abstand von ca. $F_1 = 804 \text{ mm}$. Die holographische Zylinderlinse zur Astigmatismuskorrektur benötigt also eine ebenso große Brennweite, bei der mittleren Wellenlänge $\lambda_1 = 670 \text{ nm}$ des Lasers. Ändert sich diese Wellenlänge beispielsweise um 10 nm, so hat die Zylinderlinse eine Brennweite von ca. $F_2 = 792 \text{ mm}$. Das bedeutet, daß von der holographischen Zylinderlinse ein astigmatischer Brennpunkt in ca. $b = 54 \text{ m}$ Entfernung erzeugt wird. Das liegt innerhalb der beugungsbedingten Divergenz des Laserstrahls aufgrund der begrenzten lateralen Ausdehnung des Laserstrahls am Kollimatorausgang.

Wird die Korrektur des Astigmatismus durch das 2. Gitter vorgenommen, so muß bei diesem der Gesamtbeugungswinkel des Strahls um ca. $\pm 0,1^\circ$ variieren, was durch eine entsprechende Variation der Gitterkonstante g_2 hervorgerufen wird. Die achromatischen Eigenschaften verschlechtern sich dadurch nur geringfügig. Falls bei der unter Beispiel 1 beschriebenen Anordnung das zweite Gitter als holographische Zylinderlinse ausgelegt wird, so erhält man folgende Resultate: Bei Wellenlängenänderungen $\lambda \pm \Delta\lambda = 670 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ entstehen Richtungsänderungen $\Delta\alpha \approx \pm 0,0047$ und bei Wellenlängenänderungen $\lambda \pm \Delta\lambda = 670 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$ sogar nur von $\Delta\alpha \approx 0,0014^\circ$.

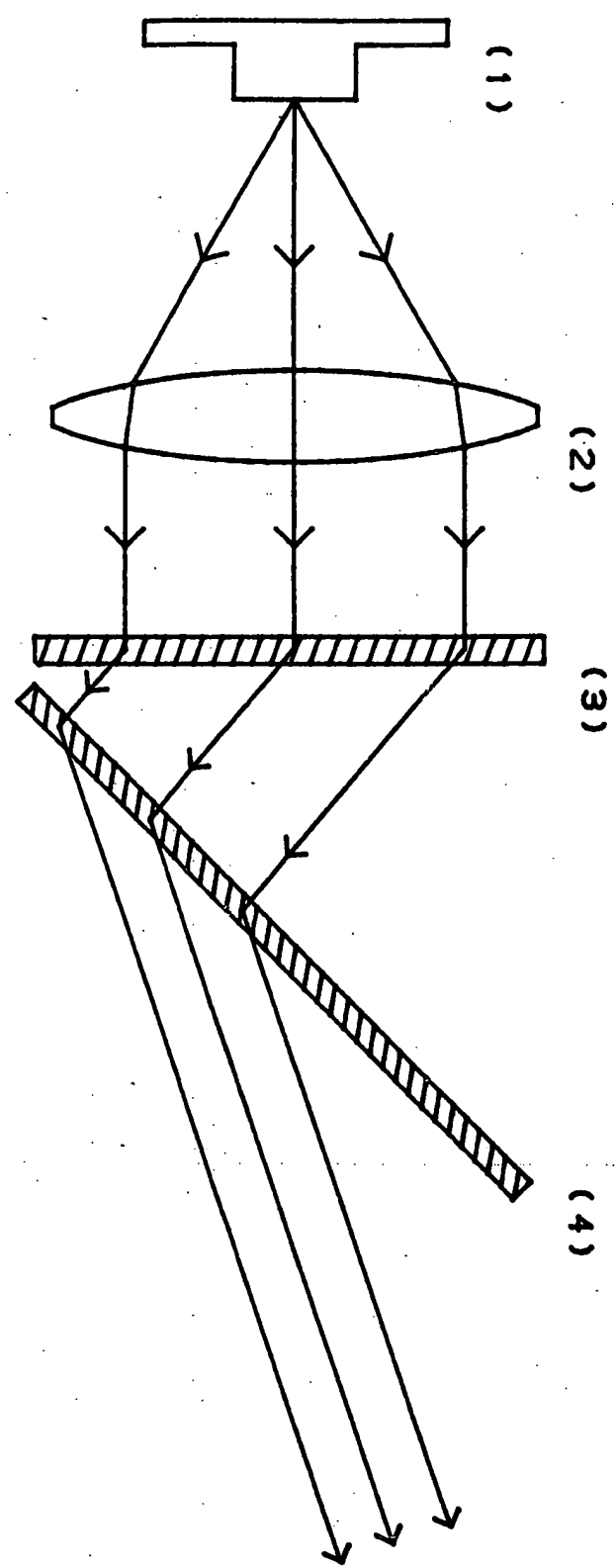
Um Oberflächenreflexe zu minimieren, können die beiden Gitter (oder holographischen Zylinderlinsen) auf einen prismatischen Glaskörper aufgeklebt werden. In diesem Fall ändert sich jedoch durch den Brechungsindex und die Dispersion des Prismas die Bedingung, unter der die Anordnung achromatisch ist.

Patentansprüche

1. Optische Anordnung zur einachsigen Querschnittsveränderung von im wesentlichen parallelem Laserlicht (anamorphotische Abbildung), dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl an 2 hintereinanderstehenden Beugungsgittern, die einen Winkel miteinander einschließen, gebeugt wird und die Anordnung in der Nähe der mittleren Wellenlänge des Laserstrahls achromatisch ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eines oder beide Beugungsgitter eine örtlich variierende Gitterperiode aufweisen, derart, daß sie als holographische Zylinderlinse zur Astigmatismuskorrektur wirken.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Beugungsgitter auf einem prismatischen Glaskörper aufgeklebt sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Abb. 1:



208 047/494